REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA, VOL. 34, No. 1. 2002

FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA SÍSMICA DE SUELOS VOLCÁNICOS ENDURECIDOS DE LA CIUDAD DE PASTO

E. A. Cabrera[1,a], J. Betancourth[1], J. O. Contreras[2]
Universidad de Nariño, Pasto - Nariño
[1] Departamento de Física, área de física ambiental.
[2] Departamento de diseño, programa de Ingeniería Civil

RESUMEN

Se realizaron 8 perforaciones en varios sitios de la ciudad de Pasto y se levantaron columnas estratigráficas para medición de parámetros geomecánicos. Utilizando un programa probado en la microzonificación sísmica de Medellín, para cálculo de los espectros de repuesta de suelos en teoría de propagación de ondas sísmicas unidimensional, se obtuvieron registros de velocidad y aceleración al nivel de superficie en la suposición de introducir registros del OVSP (INGEOMINAS) de 3 fuentes sísmicas diferentes que actúan sobre Pasto como si hubiesen sido obtenidos en la base rocosa de los suelos perforados, obteniéndose la función de transferencia para ondas sísmicas en estos suelos.

INTRODUCCIÓN

Se ha implementado una metodología para aportar al desarrollo de la microzonificación sísmica de la ciudad de Pasto. Hemos usado el programa SERIES**[1]** para el procesamiento de las señales, este funciona dentro de MATLAB , para calcular la función transferencia de la propagación de ondas sísmicas unidimensionales, llevándolas desde la base rocosa hasta superficie al pasarlas estrato por estrato; obteniendo así registros de velocidad y aceleración a este nivel. Hemos calculado el espectro de respuesta del suelo es decir, el comportamiento que tendrá este ante la ocurrencia de eventos sísmicos a ciertas frecuencias o periodos de vibración utilizando SERIES y datos geomecánicos locales.

ESTRUCTURA Y DESARROLLO

Hemos supuesto que registros de velocidad obtenidos por la OVSP (INGEOMINAS) de 3 fuentes sísmicas diferentes que actúan sobre Pasto, fueron logrados en la base rocosa de cada una de las perforaciones que se realizaron en esta ciudad.

Dichas señales de velocidad fueron registradas por la estación Cóndor, esta estación forma parte de la Red de Vigilancia del Volcán Galeras la señal obtenida por INGEOMINAS se le debe quitar la respuesta instrumental y pasar de señal de velocidad a aceleración en base rocosa; esto se realizó con al ayuda de una rutina creada en MatLAB que efectúa los siguientes procesos:

[a] Email: ecabrera@udenar.edu.co

1. Cargar el vector de la señal de velocidad en base rocosa, este vector viene dado en cuentas vs. tiempo.

2. Calcular la transformada discreta de Fourier a la señal de velocidad original

3. Dividir el valor obtenido anteriormente, entre la ecuación de respuesta instrumental calculada para la estación Cóndor

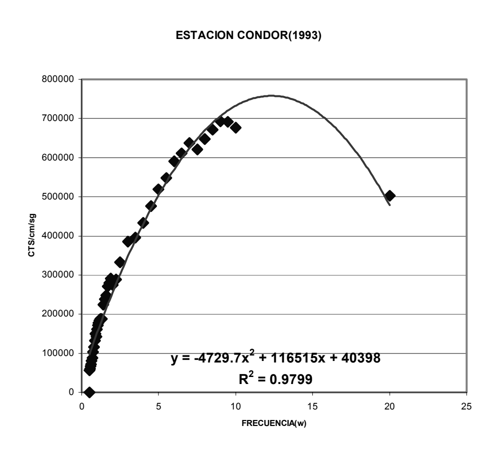


Figura 1. Respuesta instrumental de la estación Cóndor en 1993

La Figura 1. Muestra datos en cuentas por centímetro por segundo en función de frecuencia angular, estos datos fueron obtenidos por INGEOMINAS en 1993, la curva calculada por [2]

4. Calcular la transformada inversa de Fourier al vector obtenido en el paso (3) y graficar solo su parte real.

En la Figura 2 se observa lo obtenido en el paso anterior, que corresponde a la señal de velocidad en base rocosa sin respuesta instrumental.

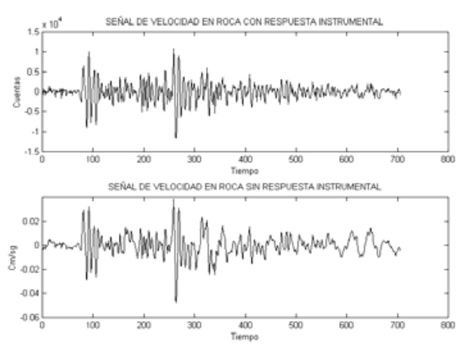


Figura 2. Señal de velocidad en roca con respuesta (parte superior) y sin respuesta instrumental (parte inferior).

5. Diferenciar la señal anterior con el fin de pasarla a una señal de aceleración en base rocosa sin respuesta instrumental, esta señal viene dada en Gales vs. Tiempo
(1Gal = 1 cm/seg^2) (Figura 3) unidades necesarias para empezar a trabajarla en el programa SERIES dentro del cual se realizo los pasos (6 y 7).

6. El calculo de la función trasferencia se efectúa llevando la señal de roca a superficie, pasándola estrato por estrato utilizando características mas representativas de cada uno de estos como son: densidad, velocidad de ondas de corte (que varía en forma inversamente proporcional con la densidad del suelo), porcentaje de amortiguamiento y espesor (este último afecta en forma proporcional al periodo de vibración de cada estrato), el modulo G (cortante), que depende de factores como: deformación del suelo, esfuerzo efectivo, relación de vacíos, grado de saturación, relación de consolidación, esfuerzo cortante, características granulares y estructura del suelo; debido a la resistencia que cada medio ofrece a las ondas con una frecuencia determinada, estas se ven afectadas por la impedancia

$$I = V * \rho \tag{1}$$

Donde:

I : Impedancia
V: Velocidad de ondas P
ρ: Densidad del medio (estrato).

Llegando a superficie y obteniendo la señal de aceleración a este nivel de un determinado lugar, como ejemplo patrón utilizamos la columna estratigráfica de un terreno en el sector de Villa Docente, dicha columna consta de 26 mts. Distribuida en 11 estratos bajo los cuales se supuso estaba localizada la roca base (Figura 3)

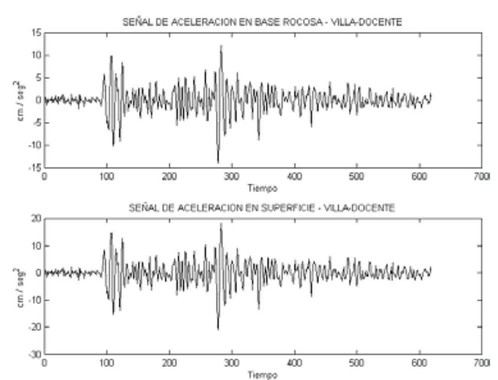


Figura 3. Señal de aceleración en roca (Superior) y en superficie (parte inferior)

7. Se procede a calcular los espectros de respuesta, los que se entienden como el resultado grafico de la energía total liberada de un sismo en porcentaje de la gravedad en función del periodo de vibración. Los espectros de respuesta sirven para determinar que frecuencias de un oscilador son mas fuertemente afectadas que otras. **[2]** Para nuestro caso se tuvo en cuenta 3 eventos sísmicos.

En la (Figura 4) se observa el espectro de respuesta de cada uno de ellos y el promedio geométrico de los mismos.

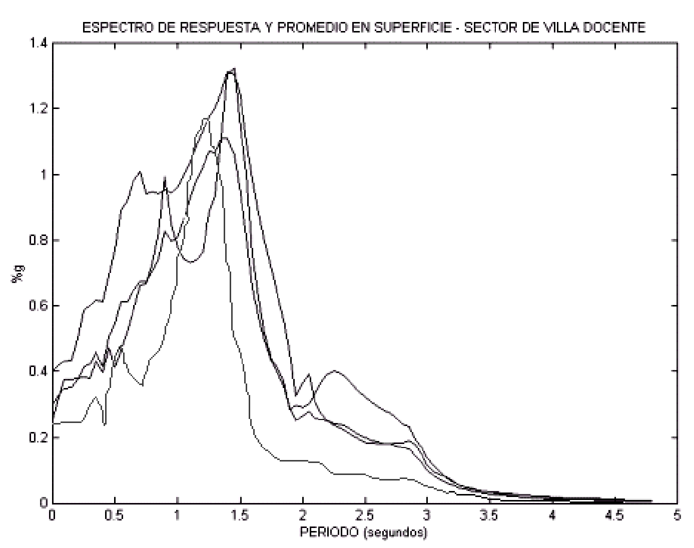


Figura 4. Espectros de respuesta (1,2 y 3) y espectro de respuesta promedio Visualizados en MatLab.

8. Al espectro de respuesta promedio se le encontró una curva de tendencia y según los parámetros de la NSR 98 **[4]** , se encontró a manera de primer paso un espectro elástico de diseño para el sector de Villa Docente (Figura 5).

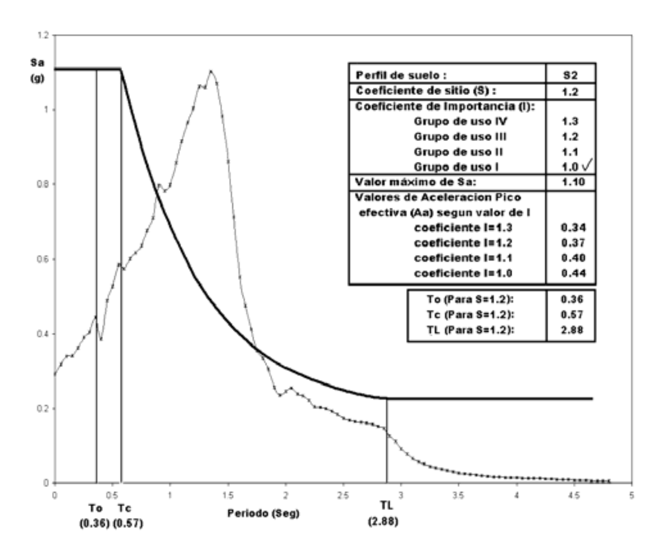


Figura 5. Espectro elástico de diseño para el sector de Villa Docente

CONCLUSIONES

- Debido a la necesidad de realizar una microzonificación sísmica en la ciudad de Pasto, creemos que este método y con la ayuda del programa SERIES, aportarían para este cometido.

- Según el espectro elástico de diseño encontrado que corresponde al sector de Villa Docente, y teniendo en cuenta su perfil de suelo y coeficiente de importancia del mismo, se le encontró una aceleración pico efectiva de 0.44 %G; mayor que la dada para Pasto por la NSR 98 que es de 0.3%G.

- Según el espectro promedio se observa que para un periodo de 1.5 se encuentran los mayores picos de amplificación Sa = 1.1 %G , lo que nos dice que si ocurre un evento sísmico con dicho periodo se verían afectadas las estructuras que entren en resonancia con este.

- Los rangos de mayor riesgo en cuanto a periodo se encuentran en el intervalo de 0.5 y 2 seg, para los cuales se presentan las mayores amplitudes, entre el intervalo de 0.3 y 1.1 en % G

REFERENCIAS

[1] JARAMILLO, DIEGO. 1998. Manual del usuario para el procesamiento y análisis de señales de tiempo "SERIES". Universidad EAFIT.

[2] BETANCOURTH, JAIME. Calculo del registro de desplazamiento y determinación del momento sísmico de una fuente localizada al noreste del volcán Galeras en modelo de doble cupla y en un medio homogéneo, isotrópico e infinito. 2000. Universidad de Nariño.

[3] SARRIA M., ALBERTO. 1996. Métodos Geofísicos Con Aplicaciones En Ingeniería Civil. Santa Fe De Bogota. Ed. Uniandes. 99 - 197 p.

[4] NORMA COLOMBIANA DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE, NSR 98.